



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

| | | |
|---|-----------|---|
| (51) Classification internationale des brevets ⁶ : H04N 7/26, 7/52 | A1 | (11) Numéro de publication internationale: WO 99/04570 (43) Date de publication internationale: 28 janvier 1999 (28.01.99) |
| (21) Numéro de la demande internationale: PCT/CH98/00310 (22) Date de dépôt international: 15 juillet 1998 (15.07.98) (30) Données relatives à la priorité: 1765/97 18 juillet 1997 (18.07.97) CH (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE [CH/CH]; DPR-Ecublens, CH-1015 Lausanne (CH). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): KUTTER, Martin [CH/CH]; Chemin des Combes 17A, CH-1802 Corseaux (CH). JORDAN, Frédéric [FR/CH]; Chalet les Chenailles, 142, les Rosalys, CH-1619 Les Paccots (CH). EBRAHIMI, Touradj [CH/CH]; Boulevard de la Forêt 32, CH-1009 Pully (CH). (74) Mandataire: GANGUILLET, Cyril; ABREMA Agence Brevets et Marques Ganguillet & Humphrey, Avenue du Théâtre 16, Case postale 2065, CH-1002 Lausanne (CH). | | (81) Etats désignés: JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale. |
| (54) Title: METHOD FOR MARKING A COMPRESSED DIGITAL VIDEO SIGNAL | | |
| (54) Titre: PROCEDE DE MARQUAGE D'UN SIGNAL NUMERIQUE VIDEO COMPRESSE | | |
| <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD B6[6 Bitstream] --> D5[5 Décodage] D5 --> V1[V1] D5 --> V2[V2] D5 --> V3[V3] D5 --> Vn[Vn] V1 --> S1[1 Sélection paramétrique] V2 --> S1 V3 --> S1 Vn --> S1 S1 --> V12[V12] S1 --> V6[V6] S1 --> V3[V3] S1 --> V9[V9] V12 --> S3[3 Sélection aléatoire] V6 --> S3 V3 --> S3 V9 --> S3 S3 --> V9[V9] S3 --> V6[V6] V9 --> M4[4 Modification] V6 --> M4 M4 --> V9p[V9'] M4 --> V6p[V6'] V9p --> D5p[5 Décodage] V6p --> D5p D5p --> B6p[6 Bitstream] </pre> <p> 1...PARAMETRIC SELECTION 2...REGION SELECTION 3...RANDOM SELECTION 4...MODIFICATION 5...DECODING 6...BITSTREAM </p> </div> | | |
| (57) Abstract <p>The invention concerns a method for marking a compressed digital video signal by imbedding a digital signature in the compressed video signal, said signal representing a series of at least two video images, each image being divided into a plurality of regions, said signal including movement vectors representing the movement of the regions between the first and the second image, characterised in that it consists in modifying at least one of the coefficients X or Y of at least one of said movement vectors.</p> | | |

(57) Abrégé

Procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé par introduction d'une signature numérique noyée dans le signal vidéo compressé, ledit signal représentant une série d'au moins deux images vidéo, chacune des images étant divisée en une pluralité de régions, ledit signal comprenant des vecteurs de mouvement représentant le mouvement des régions entre la première et la deuxième image, caractérisé en ce que l'on modifie au moins l'un des coefficients X ou Y d'au moins un des dits vecteurs de mouvement.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

| | | | | | | | |
|----|---------------------------|----|---|----|--|----|-----------------------|
| AL | Albanie | ES | Espagne | LS | Lesotho | SI | Sllovénie |
| AM | Arménie | FI | Finlande | LT | Lituanie | SK | Slovaquie |
| AT | Autriche | FR | France | LU | Luxembourg | SN | Sénégal |
| AU | Australie | GA | Gabon | LV | Lettonie | SZ | Swaziland |
| AZ | Azerbaïdjan | GB | Royaume-Uni | MC | Monaco | TD | Tchad |
| BA | Bosnie-Herzégovine | GE | Géorgie | MD | République de Moldova | TG | Togo |
| BB | Barbade | GH | Ghana | MG | Madagascar | TJ | Tadjikistan |
| BE | Belgique | GN | Guinée | MK | Ex-République yougoslave de Macédoine | TM | Turkménistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Grèce | ML | Mali | TR | Turquie |
| BG | Bulgarie | HU | Hongrie | MN | Mongolie | TT | Trinité-et-Tobago |
| BJ | Bénin | IE | Irlande | MR | Mauritanie | UA | Ukraine |
| BR | Brésil | IL | Israël | MW | Malawi | UG | Ouganda |
| BY | Bélarus | IS | Islande | MX | Mexique | US | Etats-Unis d'Amérique |
| CA | Canada | IT | Italie | NE | Niger | UZ | Ouzbékistan |
| CF | République centrafricaine | JP | Japon | NL | Pays-Bas | VN | Viet Nam |
| CG | Congo | KE | Kenya | NO | Norvège | YU | Yougoslavie |
| CH | Suisse | KG | Kirghizistan | NZ | Nouvelle-Zélande | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | République populaire démocratique de Corée | PL | Pologne | | |
| CM | Cameroon | KR | République de Corée | PT | Portugal | | |
| CN | Chine | KZ | Kazakhstan | RO | Roumanie | | |
| CU | Cuba | LC | Sainte-Lucie | RU | Fédération de Russie | | |
| CZ | République tchèque | LI | Liechtenstein | SD | Soudan | | |
| DE | Allemagne | LK | Sri Lanka | SE | Suède | | |
| DK | Danemark | LR | Libéria | SG | Singapour | | |
| EE | Estonie | | | | | | |

Procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé

Domaine technique

La présente invention a trait au marquage de signaux vidéo et en particulier concerne un procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé par introduction d'une signature numérique noyée dans le signal vidéo.

Les possibilités de transmission d'images au moyen des nouveaux médias tels qu'Internet et les télévisions par satellite impliquent que le volume des données qui s'échangent et en particulier les images vidéo, va en s'amplifiant.

Parallèlement, les développements récents dans le domaine de la télévision et de la vidéo numériques, permettent non seulement une sensible amélioration de la qualité des images, mais également la réalisation de copies de qualité identique à l'original, sans qu'il soit possible de distinguer la copie de l'original.

C'est pourquoi des recherches ont été entreprises dans le but de permettre d'identifier de façon certaine l'auteur d'une image vidéo, afin de lui permettre de faire valoir ses droits vis à vis de diffuseurs non autorisés.

Technique antérieure

On connaît des procédés de protection des images vidéo qui consistent à y introduire une signature numérique en modifiant légèrement les données de façon à pouvoir retrouver ladite signature. Cette signature peut ensuite être utilisée pour identifier l'auteur de l'image. Deux techniques principales de signature ont été utilisées jusqu'ici. La plus simple consiste à moduler la luminance d'un pixel choisi pseudo-aléatoirement. Cette technique est utilisée en particulier pour des images en tons de gris (grey scale images) et est décrite notamment dans l'article de R.G. van Schnydel, et al. ("Digital watermark," *Proceedings of the 1994 1st IEEE International Conference on Image Processing*, Vol.2, pp. 86-90, 1994).

Des techniques plus complexes ont également été proposées, dans lesquelles l'image est coupée en blocs avec une modulation d'amplitude et une taille de bloc qui sont eux-mêmes modulés par l'énergie locale. Des techniques adaptées aux images noir et blanc ont été proposées par K. Matsui, et al. ("How to secretly imbed a signature on a picture," *The Journal of the interactive Multimedia*

Association Intellectual Property Project, Vol. 1, No. 1, pp. 187-206, January 1994). Dans l'article de W. Bender, et al. ("Techniques for Data Hiding," *Proceedings of the SPIE*, 2420:40, February 1995), la différence entre la valeur de luminance des pixels est utilisée. Alors que ce dernier article propose de dupliquer les régions texturées et d'utiliser ensuite un calcul d'autocorrélation, une technique très souvent utilisée est la modification des coefficients DCT générés par les encodeurs JPEG (S. Burgett, et al. "A Novel Method for Copyright Labelling Digitized Image Data," *IEEE Transactions on Communications*, September 1994) ou MPEG-2. Ces deux techniques sont respectivement bien adaptées pour des images couleur ou des images couleur animées.

Le nombre de bits générés par les images dans la transmission d'informations vidéo nécessite un taux de compression élevé. Dans ce domaine, le format MPEG s'est rapidement imposé et est devenu un standard international, la plupart des appareils professionnels traitant les signaux vidéo sous cette forme.

Une technique d'identification propre à MPEG utilise une partie du signal compressé pour des informations destinées à identifier le fournisseur, ainsi qu'un bit, dit de protection, indiquant que l'image est protégée et que toute copie en est interdite. Toutefois, ces éléments n'offrent aucune sécurité puisque, leur position étant clairement définie dans la norme MPEG, il est très facile de les supprimer.

Comme on l'a mentionné plus haut, la présente invention a trait à un procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé par introduction d'une signature numérique noyée dans le signal vidéo.

Un tel procédé ne présente un intérêt que si la signature ne peut pas être effacée facilement et si elle peut supporter les manipulations telles que compression et décompression, fonction zoom et déplacement d'images, cette signature ne devant bien entendu modifier le signal vidéo que d'une manière imperceptible.

On sait que la norme MPEG est basée sur une analyse de l'évolution des différentes trames et de la transmission de ces différences. Il a notamment été observé que, d'une image à l'autre, un grand nombre d'informations ne changent pas, voire se retrouvent dans un plan légèrement différent. A cet effet, l'encodeur MPEG décompose l'image en blocs, usuellement de 8 par 8 pixels, des opérations de comparaison étant effectuées sur ces blocs. En particulier, de telles opérations

se rapportent à la DCT, à la DFD et aux vecteurs de mouvement. Les versions les plus récentes de MPEG permettent de réunir un ensemble de blocs et d'effectuer des opérations sur cet ensemble de blocs appelé région.

La DCT (Discrete Cosinus Transform) est une transformée en Cosinus Discret qui permet d'obtenir les amplitudes des différentes fréquences qui composent une image. Son intérêt réside dans le fait qu'il est alors possible de compresser sélectivement les différentes bandes des fréquences de manière à minimiser la distorsion visuelle. Elle est en général faite sur des blocs de taille réduite (typiquement 8x8). Cette transformation est appliquée à tous les blocs composants l'image. Elle est suivie d'une étape de quantification et de codage entropique.

La DFD (Displaced Frame Difference) représente la différence entre l'image prédite par le modèle translationnel et l'image réelle.

Le codage DCT est appliqué pour transmettre les informations de type DFD .

Les vecteurs de mouvement sont utilisés lorsque, d'une trame à l'autre, un même bloc se retrouve légèrement décalé. Dans ce cas, le format MPEG permet d'indiquer qu'un bloc présent dans l'image précédente se retrouve dans l'image en cours de façon légèrement décalée dans le plan, d'une valeur correspondant aux coefficients X et Y. Ce principe autorise des erreurs, c'est-à-dire que dans le cas où une petite partie du nouveau bloc ainsi recréé est différente, le vecteur de mouvement sera accompagné d'une information DFD contenant les différences entre le bloc précédent déplacé et les informations visuelles réelles de ce nouveau bloc.

De précédentes expériences de marquage ont mis en oeuvre les coefficients DCT afin d'intégrer la signature à un signal vidéo compressé. Cette technique présente toutefois une grande sensibilité au cadrage de l'image, et un déplacement d'un ou deux pixels a pour résultat des coefficients DCT différents, ce qui rend l'extraction de la signature impossible. Cet inconvénient est d'autant plus gênant que certains appareils de traitement vidéo provoquent un décalage d'un pixel sur le signal vidéo produit.

Exposé de l'invention

Le but de la présente invention est de proposer un procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé par l'introduction d'une signature noyée dans le signal numérique, qui soit robuste, invisible et reconnaissable en temps réel.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé par introduction d'une signature numérique noyée dans le signal vidéo compressé, ledit signal représentant une série d'au moins deux images vidéo, chacune des images étant divisée en une pluralité de régions, ledit signal comprenant des vecteurs de mouvement représentant le mouvement des régions entre la première et la deuxième image, le procédé étant caractérisé en ce que l'on modifie au moins l'un des coefficients X ou Y d'au moins un des dits vecteurs de mouvement, une région pouvant consister en un bloc.

Selon un mode d'exécution, on sélectionne un jeu de vecteurs de mouvements MV(i) ayant un faible impact visuel, de préférence un jeu de vecteurs dont la norme est inférieure à un seuil R, par exemple un seuil R égal à 5.

Selon une première variante, on sélectionne un jeu de vecteurs contenu dans une trame précédant une trame contenant toutes les informations de l'image (trame du type I).

Selon une deuxième variante, on modifie le jeu de vecteurs de mouvement MV(i) selon une sélection pseudo-aléatoire modulée par une clé, la signature pouvant comporter une pluralité de bits S(i) et au moins l'un des dits coefficients X ou Y des vecteurs de mouvement pouvant être modifiés selon au moins un des bits de la signature, le procédé pouvant comporter en outre les étapes suivantes:

générer un nombre aléatoire A initialisé par un paramètre issu du signal vidéo, comportant le même nombre de bits que S,

modifier l'un des coefficients X ou Y de telle sorte que celui-ci soit signé avec le bit "1" si plus de la moitié des bits de A sont identiques à S ou avec le bit "0" dans le cas contraire.

Le paramètre initialisant le nombre aléatoire peut être une combinaison mathématique de la norme du vecteur de mouvement à modifier.

On peut modifier les coefficients X ou Y des vecteurs de mouvement entre la deuxième et la troisième trame d'une proportion inverse à celle de la modification effectuée entre la première et la deuxième trame.

L'invention concerne également un procédé d'extraction d'une signature numérique noyée dans un signal numérique vidéo compressé, ledit signal représentant une série d'au moins deux images vidéo, chacune des images étant divisée en une pluralité de régions, ledit signal comprenant des vecteurs de mouvement signés représentant le mouvement modifié des régions entre la première et la deuxième image.

Le procédé selon l'invention présente l'avantage d'être très robuste, puisque seule la connaissance du signal vidéo original permet de découvrir les vecteurs qui ont été modifiés. L'image elle-même ayant été modifiée, le traitement ultérieur de ce signal ne peut pas voir sa signature effacée.

Le procédé comprend essentiellement deux étapes: la sélection des régions et la modification des vecteurs de mouvement.

Description du procédé

La description qui suit, donnée à titre d'exemple, se réfère au dessin dans lequel la Fig.1 est un schéma illustrant les étapes du procédé.

Sélection des régions à signer

Une première sélection des vecteur candidats susceptibles d'être signés est réalisée en utilisant des paramètres liés aux caractéristiques de la vidéo.

Il a été démontré que la perception visuelle s'accommode facilement de changements effectués dans des régions en mouvement. De ce fait, le choix de modifier des vecteurs de mouvement s'avère propice puisque ceux-ci se réfèrent à des régions en mouvement. Les modifications induites par le procédé de codage sont noyées dans la dynamique de l'image. De plus, en sélectionnant d'une manière particulière les vecteurs de mouvement, la visibilité de ces modifications peut être encore minimisée.

Il convient de noter également que cette signature est répartie sur toute l'image considérée et non pas concentrée dans une région de l'écran comme on peut l'observer dans d'autres systèmes de codage. De plus, pour autant que le nombre de vecteurs de mouvement soit suffisant, la signature est reproduite en plusieurs exemplaires dans une trame et cela sur chaque trame contenant des vecteurs de mouvement. Dans le cas où le nombre de vecteurs est inférieur au nombre de bits de la signature, celle-ci est répartie sur plusieurs trames. Ceci a pour conséquence que, même lorsqu'on utilise un extrait du signal vidéo, la signature pourra être recherchée.

Il serait d'autre part préjudiciable à l'effet visuel de modifier toujours les mêmes vecteurs dans les trames successives. Bien que le nombre de trames séparant deux trames contenant toutes les informations de l'image soit en général inférieur à 10, les accumulations de l'erreur qu'induit la signature peuvent devenir visible. Pour palier à de tels défauts, plusieurs solutions peuvent être mises en oeuvre, soit individuellement, soit collectivement :

- choisir une trame contenant des vecteurs de mouvement qui précède une trame contenant toute l'image;
- choisir des blocs dont la modification sera peu visible. Par exemple ceux dont la norme L du vecteur est comprise dans un certain intervalle. Cette norme peut être calculée de la manière suivante : $L0 = \sup(X,Y)$ ou $L1 = |X|+|Y|$ ou $L2 = \text{Sqrt}(X^2+Y^2)$ avec Sqrt désignant la fonction racine carrée; et où X et Y sont les coefficients du vecteur de mouvement;
- choisir un jeu de vecteurs très différents d'une trame à l'autre afin d'éviter l'accumulation de dérive;
- compenser la modification dans la trame suivante, dans la mesure où un vecteur concernant un bloc identique existe.

Après la sélection d'un jeu de vecteurs répondant aux critères énoncés ci-dessus, l'étape suivante est de faire intervenir la clé qui va définir quels sont les vecteurs qui participeront au codage. Cette clé doit non seulement permettre de choisir les vecteurs, mais également l'ordre de leur intervention au moment du codage. A cet effet, tous les vecteurs sont listés et l'ordre de leurs interactions avec la signature va être modulé avec la clé. Pour ce faire, on prélève aléatoirement un

certain nombre de vecteurs de mouvements de la sélection obtenue précédemment. Le générateur aléatoire est initialisé par la clé. Cette initialisation peut être réalisée par une clé dite publique, commune à toutes les vidéos signées, ou une clé dite privée pour identifier d'une manière unique cette séquence vidéo. On peut bien entendu utiliser les deux clés pour signer une séquence vidéo.

Modification des vecteurs de mouvement

Méthode de modification

Une méthode simple consiste à modifier le coefficient X, ou le coefficient Y, selon le bit à cacher par une opération de substitution du bit de poids faible de ce coefficient. Ce coefficient aura ainsi alors une valeur paire si le bit est zéro ou impaire si le bit est 1.

Signature directe

Selon le procédé de l'invention, on introduit une signature numérique, par exemple un mot de 32 bits dans un signal vidéo compressé. A cet effet, les coefficients X ou Y des vecteurs de mouvement sélectionnés sont modifiés en fonction de la valeur du bit de la clé. Afin d'obtenir un marquage robuste, on peut par exemple sélectionner 10 vecteurs représentant des mouvements de bloc répartis sur toute la surface de l'image et les modifier en fonction de la valeur de la signature. Ceci nous donne la possibilité d'intégrer 20 bits de la signature dans les coefficients X et Y dans le cas où l'on choisit de modifier les deux coefficients. Si le nombre de bits est supérieur aux nombre de coefficients susceptibles d'être signés dans une image donnée, on peut répartir la signature sur plusieurs images. Par exemple, on peut signer 1 bloc/image et utiliser 10 images pour cacher 10 bits. Lorsque les 32 bits de la signature sont utilisés, on recommence avec le premier bit, assurant ainsi une plus grande sécurité du codage, même si la copie ne se fait que sur une partie de la séquence vidéo.

Signature probabiliste

Une autre technique, beaucoup plus sûre, permet de s'affranchir totalement des problèmes de synchronisation. Cette technique comporte les étapes suivantes, pour l'insertion d'une signature S:

1. Sélectionner un vecteur selon les critères de sélection exposés précédemment.
2. Générer un nombre aléatoire A comportant le même nombre de bits que S en utilisant un paramètre de la vidéo pour initialiser le générateur aléatoire. Par exemple la norme du vecteur de mouvement.
3. Modifier l'un des coefficients X ou Y de manière à signer ce coefficient avec le bit "1" si plus de la moitié des bits du nombre A sont identiques à S, soit $d(S, A) < d(S, \text{NOT}(A))$, ou avec le bit "0" dans le cas contraire, où : NOT est la fonction Booléenne de Négation, d() est la distance définie entre la signature S et le nombre A comme: $d(S, A) = \text{Sum}(\text{Abs}(S(i) - A(i)))$, Abs() étant la fonction valeur absolue et Sum() la somme portant sur tous les bits de la signature.

On peut démontrer que cet algorithme permet de retrouver la signature par convergence statistique.

Cette technique fonctionne quelle que soit la position spatio-temporelle des blocs dans la vidéo. Cela signifie qu'aucune synchronisation entre les bits de signature et les blocs sélectionnés n'est plus nécessaire. La suppression de parties de l'image ou de trames entières a pour seules conséquences la diminution de la fiabilité de la signature retrouvée et l'augmentation du nombre de trames pour de retrouver la signature.

Les données vidéo peuvent être n'importe quelles données facilement accessibles dans le signal vidéo (valeur de vecteurs de mouvement, coefficients DC, etc.).

La figure 1 illustre un exemple de mise en oeuvre du procédé de signature selon l'invention. On effectue un premier décodage entropique du signal vidéo (bitstream), puis on extrait les vecteurs de mouvement. Après une première sélection effectuée selon les critères visuels exposés précédemment, une deuxième sélection, dépendant de la clé est effectuée. On modifie les coefficients des vecteurs ainsi sélectionnés, selon la méthode directe ou la méthode probabiliste décrites ci-dessus. Un codage entropique avec les nouveaux vecteurs permet d'obtenir le signal vidéo compressé au format initial MPEG.

Signature dans le cas d'une séquence mixte d'images codées Inter/Intra

Il va de soi que pour mener à bien cette opération, la présence de vecteurs de mouvement est indispensable. A cet effet, MPEG comprend trois types de trames, à savoir des trames du type I (Intra) contenant toutes les informations de l'image, sans référence aux images passées, des trames du type B (Interpolated) et des trames du type P (Predicted), ces deux derniers types de trames contenant des informations exprimant les différences par rapport à la trame précédente et pouvant contenir des vecteurs de mouvement X et Y.

Les trames d'une séquence sont organisées en groupes d'images (GOP : Group Of Pictures), chaque groupe commençant toujours par une trame du type I. La présence d'une trame du type I dans chaque groupe est nécessaire. En effet, si, pour une séquence vidéo donnée, l'on ne transmettait que des trames du type B ou P, exprimant des différences, cela serait certainement avantageux en terme de quantité d'informations transmises, mais empêcherait tout décodage dans le cas où la première image n'aurait pas été reçue.

Un groupe d'images (GOP) est composé généralement de huit à dix trames. Ce nombre de trames n'est pas imposé par la norme MPEG. Toutefois, il ne dépasse en général pas 16 afin de ne pas nuire à la fiabilité de la transmission.

Exemple de groupes d'images (GOP) :

I P B B P B B P B B

GOP 1

I B B P B B P B B

GOP 2

Le procédé de reconnaissance de la signature repose sur la présence de vecteurs de mouvement dans les trames des types P ou B. Comme on a dit plus haut, ce sont ces vecteurs de mouvement que l'on modifie pour introduire la signature. Il se peut que, lors de certaines étapes comme le montage d'une séquence vidéo, le signal soit uniquement composé des trames du type I et rende momentanément la signature impossible à détecter, bien qu'étant toujours présente dans le signal vidéo. En revanche, les impératifs de largeur de bande disponible lors du réencodage d'une telle séquence en vue de son transport sur un support gravé (CD) ou diffusé (TV), vont faire nécessairement réapparaître le codage différentiel.

On a déjà indiqué que le nombre de trames dans un groupe d'images (GOP) peut varier suivant le module de compression utilisé. De ce fait, si l'on décompresse un signal vidéo compressé signé selon le procédé de l'invention et qu'on le recomprime avec un nombre différent de trames par groupe, certaines trames auront des vecteurs totalement différents de ceux présents lors du marquage.

Signal lors du marquage avec 8 trames par groupe:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | ... |
| I | P | B | P | P | B | P | P | I | P | P | B | B | P | P | B | I | B | P | P | |

Signal lors d'une recompression avec 10 trames par groupe:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | ... |
| I | P | B | P | P | B | P | P | P | B | I | P | B | P | P | B | P | P | B | B | |

On constate que les vecteurs encodés à la trame 11 ont disparu car la nouvelle trame 11 est du type I. Ceci est toutefois temporaire puisque la trame 12 va contenir des informations de différence par rapport à la trame précédente et donc faire réapparaître les vecteurs de mouvement.

Le procédé selon l'invention présente en outre le grand avantage de permettre l'authentification en temps réel d'une vidéo signée avec le procédé. Les opérations de reconnaissance sont simples, puisqu'elles exploitent directement les vecteurs de mouvement contenus dans le signal.

Si, contre toute attente, le signal à authentifier ne comportait plus de vecteurs de mouvement, il reste toujours la possibilité de le décompresser, de façon à obtenir un signal vidéo conventionnel, puis de le recompresser de manière à faire réapparaître les vecteurs de mouvement. Bien entendu, dans ce cas, la possibilité de reconnaître une signature en temps réel disparaît.

Autres avantages du procédé

La signature ou la lecture des vecteurs de mouvement requiert une puissance de calcul négligeable comparée à l'opération de codage ou même de décodage. Ceci est dû à l'absence de transformée mathématique comme il peut en

exister dans d'autres méthodes (DCT, Estimation de mouvement, etc.). Ceci a pu être expérimentalement constaté sur un encodeur MPEG-4. Son implantation au sein de systèmes de codage aura donc un impact minime sur le prix de revient du produit. Ceci est à comparer avec un système qui ne pourrait pas travailler directement dans le domaine compressé. Une technique de ce type nécessiterait un supercalculateur, par exemple de type Cray, pour signer une vidéo avec un débit insuffisant de 5 trames/seconde.

La signature n'introduit qu'une modification infime de taille de la vidéo compressée. Dans le cas des systèmes basés sur la DCT il faut prévoir des procédures beaucoup plus complexes pour limiter l'augmentation du débit numérique lié à l'introduction de la signature. Le procédé selon l'invention pourra donc être placé sur une ligne de transmission de vidéo de manière à n'avoir aucun impact significatif sur le délai ou le débit de la transmission.

Les vecteurs de mouvement sont intrinsèquement relatifs au mouvement présent dans la vidéo. En conséquence un cadrage de l'image différent, tel que le déplacement latéral de deux bits, ne peut détruire la signature. Ceci a été testé avec des translations de quelques pixels et des rotations de 2 à 3 degrés.

La méthode est exceptionnellement robuste à la compression. Ceci est dû au fait que la compression des images vidéo se fait essentiellement par quantification de la DFD. Si cette quantification diminue l'énergie de la DFD, la fiabilité de l'extraction de la signature s'en trouve renforcée. (Les tests montrent une robustesse à des débits de 1 Mbits/s, en CCIR601 10 trames/s).

Revendications

1. Procédé de marquage d'un signal numérique vidéo compressé par introduction d'une signature numérique noyée dans le signal vidéo compressé, ledit signal représentant une série d'au moins deux images vidéo, chacune des images étant divisée en une pluralité de régions, ledit signal comprenant des vecteurs de mouvement représentant le mouvement des régions entre la première et la deuxième image, caractérisé en ce que l'on modifie au moins l'un des coefficients X ou Y d'au moins un des dits vecteurs de mouvement.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on sélectionne un jeu de vecteurs de mouvements $MV(i)$ ayant un faible impact visuel.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on sélectionne un jeu de vecteurs dont la norme est inférieure à un seuil R.
4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que ledit seuil R est égal à 5.
5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on sélectionne un jeu de vecteurs contenu dans une trame précédant une trame contenant toutes les informations de l'image (trame du type I).
6. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'on modifie le jeu de vecteurs de mouvement $MV(i)$ selon une sélection pseudo-aléatoire modulée par une clé.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la signature comporte une pluralité de bits $S(i)$ et en ce que l'on modifie au moins l'un des dits coefficients X ou Y des vecteurs de mouvement selon au moins un des bits de la signature.
8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte en outre les étapes suivantes:
générer un nombre aléatoire A initialisé par un paramètre issu du signal vidéo, comportant le même nombre de bits que S,

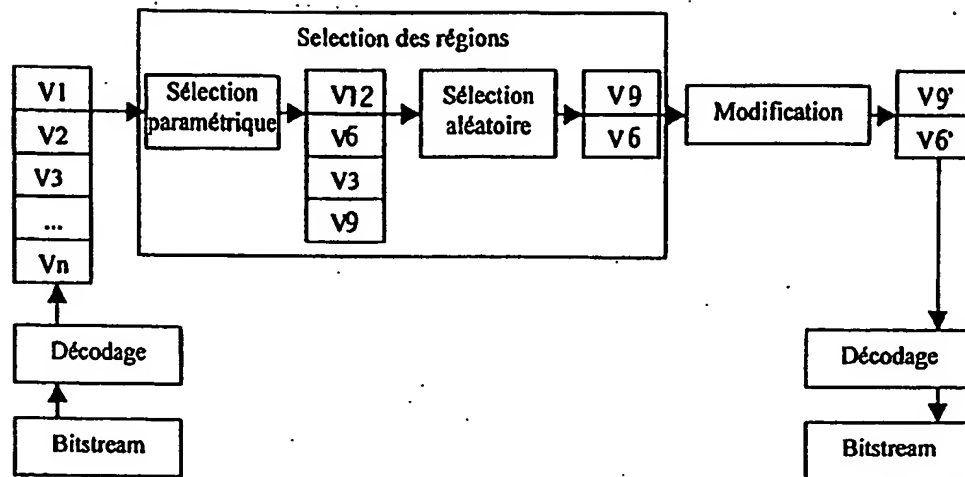
modifier l'un des coefficients X ou Y de telle sorte que celui-ci soit signé avec le bit "1" si plus de la moitié des bits de A sont identiques à S ou avec le bit "0" dans le cas contraire.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le paramètre initialisant le nombre aléatoire est une combinaison mathématique de la norme du vecteur de mouvement à modifier.

10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une région consiste en un bloc.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on modifie les coefficients X ou Y des vecteurs de mouvement entre la deuxième et la troisième trame d'une proportion inverse à celle de la modification effectuée entre la première et la deuxième trame.

12. Procédé d'extraction d'une signature numérique noyée dans un signal numérique vidéo compressé, ledit signal représentant une série d'au moins deux images vidéo, chacune des images étant divisée en une pluralité de régions, ledit signal comprenant des vecteurs de mouvement signés représentant le mouvement modifié des régions entre la première et la deuxième image.

**FIG. 1**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 98/00310

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H04N7/26 H04N7/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H04N G11B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A | EP 0 762 417 A (SONY CORP) 12 March 1997 see the whole document --- | 1-12 |
| A | SCHYNDEL VAN R G ET AL: "A DIGITAL WATERMARK" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (IC, AUSTIN, NOV. 13 - 16, 1994, vol. 2, no. CONF. 1, 13 November 1994, pages 86-90, XP000522615 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS cited in the application see the whole document ----- | 1-12 |

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 1998

Date of mailing of the international search report

07/10/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Foglia, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 98/00310

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0762417 A | 12-03-1997 | JP 9128900 A | 16-05-1997 |

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema nternationale No

PCT/CH 98/00310

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 6 H04N7/26 H04N7/52

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 6 H04N G11B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

| Catégorie * | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents | no. des revendications visées |
|-------------|---|-------------------------------|
| A | EP 0 762 417 A (SONY CORP) 12 mars 1997 voir le document en entier --- | 1-12 |
| A | SCHYNDEL VAN R G ET AL: "A DIGITAL WATERMARK" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (IC, AUSTIN, NOV. 13 - 16, 1994, vol. 2, no. CONF. 1, 13 novembre 1994, pages 86-90, XP000522615 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS cité dans la demande voir le document en entier ----- | 1-12 |

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (elle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 septembre 1998

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/10/1998

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Foglia, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/CH 98/00310

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| EP 0762417 A | 12-03-1997 | JP 9128900 A | 16-05-1997 |